

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK**

Marija Barić

**FIZIKALNO-KEMIJSKA SVOJSTVA ZRNA I BRAŠNA SORTI OZIME
PŠENICE RODA 2017. GODINE**

DIPLOMSKI RAD

Osijek, listopad, 2018.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek
Zavod za prehrambene tehnologije
Katedra za tehnologije prerade žitarica
Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Hrvatska

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija
Nastavni predmet: Tehnologija proizvodnje i prerade brašna
Tema rada: je prihvaćena na VII. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2017./2018. održanoj 26. travnja 2018.
Mentor: izv. prof. dr. sc. *Marko Jukić*
Pomoć pri izradi: Ana Šušak, dipl. ing., stručni suradnik

FIZIKALNO-KEMIJSKA SVOJSTVA ZRNA I BRAŠNA SORTI OZIME PŠENICE RODA 2017. GODINE

Marija Barić, 413-DI

Sažetak: Cilj ovog rada bio ispitati utjecaj osnovna fizikalno-kemijska svojstva zrna i brašna sorti ozime pšenice roda 2017. godine. Istraživanja su provedena na 27 različitih sorti zasijanih na dvije različite lokacije (osječko i zagrebačko područje).

Na temelju dobivenih može se zaključiti da su uzorci uzgojeni na osječkom području bolje kvalitete u odnosu na uzorke uzgojene na zagrebačkom području tijekom vegetacijske godine 2016./2017. Uzorci s lokacije Osijek prosječno su imali veće vrijednosti za vlagu, apsolutnu i hektolitarsku masu, udio proteina, vlažnog i suhog glutena te veću sedimentacijsku vrijednost. Udio mineralnih tvari u zrnu i brašnu bio je nešto manji u odnosu na sorte sa zagrebačkog područja. Obzirom na identično provedene agrotehničke mjere na obje lokacije, može se zaključiti da su uzrok bolje kvalitete uzoraka pšenice s osječkog područja bolji klimatski uvjeti primjereni uzgoju pšenice.

Ključne riječi: sorte pšenice, fizikalna svojstva, kemijska svojstva, kvaliteta pšeničnog zrna

Rad sadrži: 31 stranica
20 slika
2 tablice
13 literaturnih referenci

Jezik izvornika: Hrvatski

Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada i diplomskog ispita:

1.	prof. dr. sc. Daliborka Koceva Komlenić	predsjednik
2.	izv. prof. dr. sc. Marko Jukić	član-mentor
3.	doc. dr. sc. Ivana Rukavina	član-komentor
4.	doc. dr. sc. Jasmina Lukinac Čačić	zamjena člana

Datum obrane: 16. listopada 2018.

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

University Josip Juraj Strossmayer in Osijek
Faculty of Food Technology Osijek
Department of Food Technology
Subdepartment of grain processing technologies
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia

Scientific area: Biotechnical sciences
Scientific field: Food technology
Course title: Technology of flour production and processing
Thesis subject: was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no. VII held on April 26, 2018.
Mentor: Marko Jukić, PhD, associate prof.
Technical assistance: Ana Šušak, dipl. ing., expert associate

PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF THE GRAINS AND FLOUR OF WINTER WHEAT VARIETIES FROM THE 2017 HARVEST

Marija Barić, 413-DI

Summary: The aim of this study was to determine the physico-chemical properties of different winter wheat varieties obtained from 2017 harvest. Twenty-seven varieties of winter wheat that were used were grown on two locations, Osijek and Zagreb.

Based on the results of the research carried out it can be concluded that samples in the Osijek region were of better quality compared to the samples grown on the Zagreb area during the vegetation year 2016/2017. Samples from Osijek area had higher average values for grain and flour moisture content, 1000 kernel weight, hectolitre mass, protein content, wet and dry gluten content and Zeleny sedimentation value. Ash content in grain and flour was lower than in Zagreb location. Since wheat was grown under identical agrotechnical conditions in both locations, it can be concluded that the main cause of differences in the quality of wheat from Osijek and Zagreb region was different climatic conditions.

Key words: wheat varieties, physical properties, chemical properties, wheat grain quality

Thesis contains: 31 pages
20 figures
2 tables
13 references

Original in: Croatian

Defense committee:

- | | | |
|----|---|------------------------|
| 1. | Daliborka Koceva Komlenić, PhD, full prof. | chair person |
| 2. | Marko Jukić, PhD, associate prof. | supervisor |
| 3. | Ivana Rukavina, PhD, assistant prof. | member – co-supervisor |
| 4. | Jasmina Lukinac Čačić, PhD, assistant prof. | stand-in |

Defense date: October 16, 2018

Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in Library of the Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

Sadržaj

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	3
2.1. PŠENICA	4
2.1.1. <i>Biološke i morfološke karakteristike pšenice</i>	4
2.1.2. <i>Građa pšeničnog zrna</i>	6
2.1.3. <i>Kemijski sastav zrna pšenice</i>	7
2.1.4. <i>Fizikalna svojstva zrna pšenice</i>	8
2.1.5. <i>Kemijski pokazatelji kvalitete pšenice</i>	9
2.1.6. <i>Klasifikacija pšenice</i>	10
2.2. PŠENIČNO BRAŠNO	11
2.2.1. <i>Kemijski sastav pšeničnog brašna</i>	11
3. EKSPERIMENTALNI DIO	14
3.1. ZADATAK	15
3.2. MATERIJALI	15
3.3. METODE	15
3.3.1. <i>Određivanje vlage pšeničnog zrna i brašna</i>	15
3.3.2. <i>Određivanje apsolutne mase žita (mase 100 zrna)</i>	16
3.3.3. <i>Određivanje nasipne gustoće (hektolitarske mase) žita</i>	16
3.3.4. <i>Određivanje udjela mineralnih tvari (pepela) u pšeničnom zrnu i brašnu</i>	16
3.3.5. <i>Određivanje udjela proteina u pšeničnom zrnu</i>	17
3.3.6. <i>Određivanje sedimentacijske vrijednosti pšenice (po Zeleny-u)</i>	17
3.3.7. <i>Određivanje udjela vlažnog i suhog glutena u pšeničnom brašnu</i>	17
3.3.8. <i>Statistička obrada rezultata</i>	17
4. REZULTATI.....	18
4.1. REZULTATI ISPITIVANJA PŠENIČNOG ZRNA	19
4.2. REZULTATI ISPITIVANJA PŠENIČNOG BRAŠNA	24
5. RASPRAVA	26
6. ZAKLJUČCI	30
6. LITERATURA	32

1. UVOD

Pšenica se uz rižu i kukuruz u današnje vrijeme izdvaja od ostalih žitarica prema većem opsegu proizvodnje i poželjnim površinama. Podaci iz 2005. godine pokazuju da je u svijetu proizvedeno 625 milijuna tona pšenice što odgovara 216 milijuna hektara poželjnih površina (Kovačević i Rustija, 2009.).

Pšenica potiče iz porodice trava (*Poaceae*), roda *Triticum*, zeljasta je jednogodišnja biljka sastavljena od korijena, stabljike, listova i klasa. U posljednje vrijeme razvijaju se nove sorte pšenice otpornije na bolesti i štetnike s mogućnošću rasta na različitim zemljištima pri različitim klimatskim uvjetima. Najzastupljenije su tri vrste: *Triticum aestivum* (uglavnom za proizvodnju pšeničnog brašna), *Triticum compactum* (najčešće za proizvodnju kolača, vafla te lisnatog tijesta) i *Triticum durum* (isključivo se koristi za proizvodnju tjestenine). Zrno pšenice je građeno od omotača, aleuronskog sloja, endosperma i klice. Kemijski sastav varira između pojedinih sorti i ovisi o različitim agroekološkim uvjetima. Budući da je važna sirovina u pekarskoj industriji kod proizvodnje pšeničnog brašna bitno je pravilno postaviti proces mljevenja. Brašno se dobiva mljevenjem endosperma čiji je najvažniji kemijski sastojak škrob. U endospermu se u znatno nižim koncentracijama nalaze i mineralne tvari, proteini te lipidi. Veličina čestica brašna utječe na apsorpcijsku moć te zadržavanje plinova tijekom pečenja (Žeželj, 2005.).

U ovom radu će se prikazati rezultati ispitivanja fizikalno- kemijskih svojstava zrna i brašna 27 različitih sorti ozime pšenice zasijanih na osječkom i zagrebačkom području. Na osnovu dobivenih rezultata sorte pšenice će se svrstati u kvalitetne grupe te će se utvrditi postojanje razlike u ispitivanim svojstvima s obzirom na lokaciju. U zrnu pšenice je određen udjel vode, mineralnih tvari, proteina, hektolitarska masa, masa 1000 zrna i sedimentacijska vrijednost dok je u brašnu određen udjel mineralnih tvari, vlažnog i suhog glutena.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. PŠENICA

Pšenica pripada jednoj od najraširenijih i najstarijih poljoprivrednih kultura koju su ljudi uzgojili. Smatra se da pšenica potječe iz doline rijeka Eufrata i Tigrisa te da je njezin uzgoj u prehrambene svrhe započeo između 10 000 i 8 000 godina prije Krista. Otpornost pšenice i raznolikost prehrambenih oblika čini veliki dio ljudske prehrane svrstavajući pšenicu među najrašireniju žitaricu u svijetu (Atwell, 2001.).

Pšenica je prilagodljiva različitim okolišnim uvjetima, a najbolje raste na tlu bogatom ilovačom i glinom iako usjeve zadovoljavajuće kvalitete daje i na slabijoj zemlji. Cvjetanje se odvija u suptropskom području s visokim, ali i u području s niskim temperaturama (Kent i Evers, 1994.).

Glavna je komponenta ljudske prehrane budući da je vrlo prilagodljiva, lako se skladišti, bogata je energijom te daje brašno pogodno za proizvodnju raznovrsne, ukusne, zanimljive i zadovoljavajuće hrane. Zbog viskoelastičnih svojstava tijesto pšeničnog brašna razlikuje se od ostalih tijesta proizvedenih od drugih žitarica. Upravo to svojstvo je zaslužno za upotrebu pšenice u proizvodnji širokog spektra proizvoda od kruha, kolača, tjestenine, pekarskih proizvoda. Sortirana pšenica se prerađuje u brašno odgovarajućih svojstava za dobivanje proizvoda željenih karakteristika (Khan i Shewry, 2009.).

2.1.1. Biološke i morfološke karakteristike pšenice

Pšenica je zeljasta, jednogodišnja biljka sastavljena od korijena, stabljike, listova i klasa. Porijeklom je iz porodica trava (*Poaceae*), roda *Triticum*. Veliki naponi se ulažu posljednjih pola stoljeća kako bi se razvile nove sorte pšenice koje rastu na različitim vrstama tla pri odgovarajućim klimatskim uvjetima, otporne na bolesti i štetnike te većeg prinosa (Pavlović, 2017.).

Triticum aestivum je najrasprostranjenija pšenična vrsta i zato se najčešće koristi za proizvodnju pšeničnog brašna. Brojne su sorte unutar ove vrste koje se koriste za prerađivanje u brašno koje je različito po sastavu i osobinama, udjelu proteina i njihovoj kvaliteti, strukturi škrobnih granula. Udio proteina se najčešće kreće u rasponu od 11 do 13%. Uglavnom se koristi za proizvodnju pekarskih proizvoda.

Triticum compactum ili patuljasta pšenica je vrsta koja ima niži udio proteina i mekšu strukturu zrna. Brašno dobiveno iz ove vrste najčešće se koristi za proizvodnju kolača, lisnatog tijesta te vafila.

Triticum durum je tvrda pšenica staklastog presjeka s visokim udjelom proteina, a dobivena mljevenjem koristi se za proizvodnju tjestenine.

Unatoč tome što su brojna svojstva pšenice uvjetovana sortama ona se uglavnom ne prodaje po njima nego se na tržištu grupira u klase po kvaliteti (Sermek-Marčec, 2015.).

Pšenica ima žiličasti korjenov sustav koji se najviše prožima u površinskom sloju tla dok znatno manje korjenčića i žilica prodire u dublje slojeve. Aktivni dio korjenovog sustava - korjenove dlačice imaju najveću ulogu u sposobnosti upijanja vode i hranjivih tvari i stoga je potrebno osigurati što veću aktivnu površinu. Razlikuje se primarni (klicin) i sekundarni (nodijalni) korijen. Primarni korijen se razvija iz klicinog korijenka; prodire dublje u tlo i učvršćuje biljku za tlo, sekundarni korijen izbija iz nodija podzemnog dijela stabljike te čini glavninu mase korjenovog sustava.

Stabljika pšenice je uspravna, cilindrična i člankovite građe koja se sastoji od nodija (koljenaca) i internodija (članaka, međukoljenca). Svaki članak raste posebno, a karakteristično za donje internodije je da su deblji i kraći što povećava otpornost na polijeganje pšenice. Najduži članak je vrsni i na njemu izbija klas. Prosječna visina današnjih sorti žitarica je oko 70 cm.

Na stabljici pšenice su listovi raspoređeni spiralno što omogućuje bolje iskorištenje sunčeve svjetlosti. Po jedan je list vezan za svaki nodij pa broj listova odgovara broju nodija. Osnovni dijeli lista su plovka i rukavac dok su manji dijelovi uške i jezičak. Plovka ima izduženi oblik i šiljasto se sužava na vrhu; vrlo je važan organ u procesu fotosinteze. Rukavac stvara zadebljanje u obliku prstena koje pomaže podizanje poleglih biljaka budući da raste na koljencu lista te štiti i učvršćuje stabljiku zbog svoje čvrste građe. Jezičak je kratak i ima tanku opnu koja se nalazi na prijelazu rukavca u plovku, a onemogućava prodor mikroorganizama i vode. Uške su meke i dlačicama obrasle čineći dvije izrasline koje također rastu na prijelazu rukavca u plovku te omogućuju pričvršćivanje rukavca.

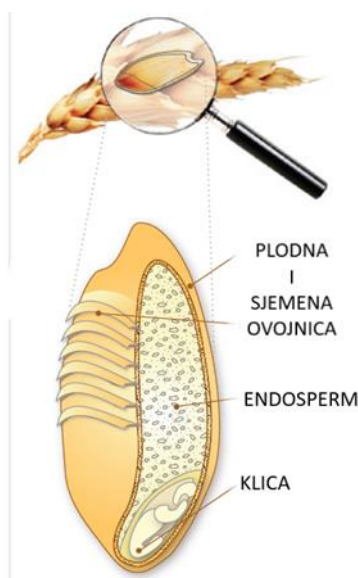
Cvjetovi pšenice su skupljeni u cvat ili klas. Člankovito klasno vreteno čini klas koji je produžetak vršnog članka stabljike. Dijelovi klasića su vretenca, cvjetovi i dvije pljeve. Od 2 do 7 cvjetova

može se nalaziti u jednom klasiću. Klas pšenice može sadržavati od 30 do 40 zrna (Kovačević i Rastija, 2009.).

2.1.2. Građa pšeničnog zrna

Zrno je plod pšenice s tankim omotačem koji je srastao sa sjemenkom, a ovisno o vrsti i sorti različite je krupnoće (sitno, srednje i krupno). Zrno pšenice može biti okruglog, plosnatog, izduljenog, ali je najčešće ovalnog oblika. Na zrnu pšenice se razlikuju leđna i trbušna strana na kojoj se nalazi plića ili dublja brazdica. Klica se nalazi na donjoj strani zrna dok je na vrhu tzv. bradica sastavljena od jače ili slabije izraženih dlačica (Kovačević i Rastija, 2009.)

Sjemenka pšenice se sastoji od omotača, aleuronskog sloja, endosperma i klice (**Slika 1**). Omotač čine vanjski sloj (perikarpa) i unutrašnji dio (perisperm), a ima važnu ulogu u zaštiti klice i unutarnjih dijelova, omogućuje upijanje vode kod klijanja i bubrenje zrna. Kod pšenice je udio omotača u ukupnoj masi zrna od 12 do 15%. Aleuronski sloj obuhvaća periferni dio endosperma i sastoji se od jednog sloja stanica koje su pravilnog oblika i imaju debele stijenke. Stanice sadrže aleuronska zrnca u kojima se nalaze proteini, ulja, pigment ksantofil koji je zaslužan za boju zrna te enzim koji sudjeluje u procesu klijanja.



Slika 1 Građa zrna pšenice

Endosperm je rezervna hranjiva tvar potrebna za nicanje i klijanje te obuhvaća najveći udio u zrnu. Sastoji se od krupnih stanica nepravilnih oblika i tankih stjenki koje su ispunjene škrobnim granulama između kojih se nalaze rezervni proteini. Klica predstavlja začetak nove biljke smještena u bazi zrna, a udio iznosi od 1,5 do 3% mase zrna. Sastoji se od embrijske osi koja sudjeluje u stvaranju nove biljke i skuteluma koji sudjeluje u zaštiti klice i prehrani jer sadrži rezervnu hranu potrebnu mladoj biljci (Kovačević i Rastija, 2009.)

2.1.3. Kemijski sastav zrna pšenice

Pšenično zrno sadrži vodu, ugljikohidrate, mineralne tvari, proteini, masti, enzime i vitamine. Kemijski sastav može varirati između pojedinih sorti ovisno o različitim agroekološkim uvjetima. Udio vode u suhom, uskladištenom zrnu je do 14% dok više koncentracije otežavaju skladištenje. Oko 2/3 mase zrna pšenice čine ugljikohidrati koji se dijele na niskomolekularne (monosaharidi, disaharidi) i visokomolekularne (škrob, celuloza, pentozani). Škrob se nalazi u endospermu obuhvaća najveći dio oko 90%, a ostatak su topivi šećeri uglavnom raspoređeni u klici. Škrob se u zrnu nalazi u dvije frakcije: amiloza (topiva u toploj vodi) i amilopektin (zagrijavanjem u vodi stvara škrobno ljepilo). Mineralne tvari su najzastupljenije u omotaču zrna, a u ostatku nakon spaljivanja (pepelu) najviše koncentracije su fosfor, kalij, magnezij. Proteini su važan izvor esencijalnih masnih kiselina, a na njihovu koncentraciju u zrnu utječu klimatski uvjeti te ishrana dušikom. Nalaze se u svim dijelovima zrna dok su najviše koncentracije u endospermu. Podijeljeni su u dvije frakcije s obzirom na topivost u vodi: albumini i globulini topivi u vodi i otopini NaCl-a (fiziološki aktivni proteini) te glijadini i glutenini netopivi u vodi (rezervni proteini). Uz prisutnosti vode i mehaničkom obradom nastaje gusta, elastična, povezana i plastična masa koja se naziva gluten ili ljepak. Gluten ima visoku sposobnost upijanja vode i može nabubriti i do 200%, a tijestu daje poželjna pekarska svojstva dok se iz brašna ispire vodom.

Količina masti u zrnu je relativno niska, najviše je koncentrirana (14%) u klici. Tijekom mljevenja pšenice klice se uklanjaju budući da masti otežavaju skladištenje brašna.

Vitamini i enzimi najviše su koncentrirani u klici. Enzimi razgrađuju rezervne tvari, sudjeluju u procesu klijanja, imaju važnu ulogu u preradi te čuvanju brašna. Amilolitički enzimi su najvažniji jer razgrađuju škrob tijekom fermentacije i pečenja. Najzastupljeniji vitamini su A, vitamini B

kompleksa, E, a vitamin C se nalazi u proklijaloj pšenici. Celuloza je najviše koncentrirana u omotaču zrna, a njezin sadržaj je od 2 do 3% sudjeluje u izgradnji svih staničnih membrana (Kovačević i Rastija, 2009.).

2.1.4. Fizikalna svojstva zrna pšenice

U fizikalna svojstva pšenice se ubrajaju:

- apsolutna masa je masa 1000 zrna, izražava se u gramima, kod pšenice se apsolutna masa kreće od 30 do 40 g,
- veličina i oblik zrna se određuju mjerenjem poprečnog presjeka zrna nakon prosijavanja kroz sita s tri različite veličine otvora,
- tvrdoća i staklavost zrna- staklava (tvrde pšenice, veći udio proteina, veći% brašna, daju brašna dobrih svojstava za proizvodnju kruha) i brašnasta zrna (meke pšenice, koriste se za proizvodnju kolača i pita),
- boja zrna- pigmenti se nalaze u omotaču, promjene u boji su povezane s klimatskim i uvjetima uzgoja,
- oštećenje zrna- fizička oštećenja smanjuju skladišnu vrijednost, prije žetve zrno mogu oštetiti bolesti i štetočine, smanjuje se prinos brašna kod nedozrelih, smežuranih zrna,
- primjese uključuju bijele, crne te korovsko sjemenje,
- senzorska svojstva- pšenica namijenjena preradi i za ljudsku prehranu moraju imati zdrava i cijela zrna, ne smiju imati mirisa ni okusa korova, plijesni, snijeti, lošeg uskladištenja,
- gustoća zrna- masa jedinice volumena zrna, dijelovi zrna su različitih gustoća što omogućuje razdvajanje tijekom mljevenja,
- volumna masa- masa zrna žitarice izražene u jedinici volumena, prosječno iznosi od 740 do 850 kg/m³ (hektolitarska masa 74- 85 kg/hl), ovisi o obliku, ujednačenosti te gustoći zrna,
- poroznost pokazuje koliki je odnos međuzrnenog prostora u zrnenj masi, izražava se u%, a računa iz gustoće i volumena mase.,

- sipkost podrazumijeva kretanje zrnene mase pod djelovanjem određene sile,
- samosortiranje zrnene mase- neželjena pojava koja se javlja tijekom punjenja i pražnjenja ćelija i komora silosa.

2.1.5. Kemijski pokazatelji kvalitete pšenice

Maseni udio vode

Tijekom skladištenja udio vlage u pšenici mora biti do 14% jer više koncentracije uzrokuju kvarenje i povećavaju troškove skladištenja. Ako je udio vlage ispod 8% pšenica je lomljiva, krhka i predstavlja problem tijekom mljevenja. Za određivanje udjela vode koristi se standardna metoda sušenje pri 130 ° C kroz 1, 5 sati.

Maseni udio i kvaliteta proteina

Udio proteina u pšenici iznosi od 6 do 20% i ovisi o sorti, klasi pšenice, a najviše o uvjetima uzgoja. Udio proteina se smanjuje ako se zrenje odvija u kišovitom razdoblju dok suša, sunce, dušična gnojiva utječu na povećanje njihovog udjela. Metodom po Kjeldahlu je standardna metoda za određivanje udjela proteina.

Maseni udjel masti

Tijekom skladištenja pšenice odvijaju se različite kemijske promjene, aktivira se enzim lipaza i nastaju slobodne masne kiseline koje su indikator za zdravstvenu ispravnost pšenice. Brojem cm^3 1 mol dm^{-3} NaOH potrebnih za neutralizaciju slobodnih masnih kiselina u 100 g brašna definiran je stupanj kiselosti. Za pojedini tip brašna određen je dopušten stupanj kiselosti.

Maseni udjel pepela i celuloze

Kod pšenice s 14% vlage udjel celuloze iznosi od 2 do 2,7% dok se udjel pepela kreće od 1,4 do 2%. Količina pepela u pšenici i brašnu je mjerilo kvalitete te se iz njegovog udjela provodi tipizacija brašna tako da se udio pepela pomnoži s 1000.

2.1.6. Klasifikacija pšenice

Klasifikacija pšenice prema fizikalno-kemijskim pokazateljima se provodi uglavnom s obzirom na udio proteina, hektolitarsku masu, vlagu te postotak primjese, a u nekim slučajevima i prema sedimentacijskoj vrijednosti po Zeleny-u.

U **Tablici 1** prikazani su parametri kvalitete i kvalitativne klase prilikom otkupa pšenice utvrđeni prema Pravilniku o parametrima kvalitete i kvalitativnim klasama pšenice u otkupu pšenice roda 2018. godine (Narodne novine br. 46, 2018.). Prilikom otkupa pšenica mora biti zdrava, svojstvene boje i mirisa i bez prisutnosti živih štetnika. Bez obzira na druge parametre kvalitete, kod konačnog razvrstavanja pšenice u kvalitativnu klasu konačni i odlučujući parametar je postotak proteina.

Tablica 1 Parametri kvalitete i kvalitativne klase prilikom otkupa pšenice

Parametri kvalitete	Kvalitativne klase pšenice				
	Premium	I. klasa	II. klasa	III. klasa	IV. klasa
Proteini (%)	>15	13,5-14,99	12,00-13,49	10,5-11,99	<10,49
Hektolitar (kg/hl)	80	78	78	74	<74
Vlaga (%)	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5
Primjese (crna) (%)	najviše 2	najviše 2	najviše 2	najviše 2	najviše 2
Ukupna primjese (%)	najviše 5	najviše 5	najviše 5	najviše 5	najviše 5

U nekim slučajevima se klasifikacija pšenice vrši i prema udjelu proteina i sedimentacijskoj vrijednosti po Zeleny-u (**Tablica 2**).

Tablica 2 Klasifikacija pšenice i brašna na temelju udjela proteina i sedimentacijske vrijednosti

Kvalitativna klasa	Proteini (%)	Sedimentacijska vrijednost (cm ³)
I.	>13,0	>40
II.	11,5-12,99	30-40
III.	10,0-11,49	18-30
Izvan klase (stočna)	<10,0	<18

2.2. PŠENIČNO BRAŠNO

2.2.1. Kemijski sastav pšeničnog brašna

Brašno se proizvodi mljevenjem endosperma čiji je najvažniji kemijski sastojak škrob. U endospermu se još nalaze i mineralne tvari, proteini i lipidi, ali u znatno nižim koncentracijama.

Škrob

Biljka škrob nakuplja kao rezervnu hranu za klicu. Najzastupljeniji je polisaharid u brašnu pšenice. Sastoji se od jedne gradivne jedinice molekule glukoze. U zrnju se nakuplja u obliku škrobnih granula, a razlikuju se male, okrugle granule manje od 10 μm te velike granule škroba u obliku leće, a mogu biti veće od 25 μm . Granule su sastavljene od amiloze i amilopektina. Amiloza je polimer koji obuhvaća 25% škrobne granule u obliku lanca, a jedinice glukoze vezane α -1,4-glikozidnim vezama. Amilopektin je polimer razgranate strukture u kojoj su molekule glukoze također vezane α -1,4-glikozidnim vezama osim na mjestima granja gdje su vezane α -1,6-glikozidnim vezama. Amiloza i amilopektin su povezane vodikovim vezama i omogućuju čvrsto zbijanje škrobnih granula čineći amorfna i kristalična područja. Škrobne granule se oštećuju tijekom procesa mljevenja, a ovisno o namjeni brašna endosperm se može samljeti na manje čestice pri čemu dolazi do većeg oštećenja škrobnih granula, a o njihovom udjelu ovisi i kvaliteta brašna. Što su granule finije samljevane to su dostupnije enzimima i lakše se razlažu do glukoze koja je potrebna za fermentaciju i izradu tijesta za kruh. Važna svojstva škroba su želatinizacija i retrogradacija. Proces želatinizacije se odvija pri visokim temperaturama kada su škrobne granule izložene vodi. Škrobna granula apsorbira vodu, bubri i na kraju puca pri čemu nastaje škrobni gel. Zbog stvaranje specifične teksture proizvoda važan je proces u proizvodnji pekarskih proizvoda. S druge strane, proces retrogradacije škroba uzrokuje starenje pekarskih proizvoda budući da se čestice dezintegriranih škrobnih granula nastoje povezati u početni oblik uz oslobađanje vode (Atwell, 2001.; Žeželj, 2005.).

Proteini

Najmanje proteina se nalazi u središnjem dijelu endosperma i oni su najkvalitetniji dok je u vanjskim dijelovima endosperma udio veći, ali slabije tehnološke kvalitete. Endosperm zrna se izdvaja i melje u brašno te se može zaključiti da veliki udio proteina potječe iz endosperma, a nešto manje količine iz zaostalih dijelova zrna. Proteini uključuju albumine, globuline, glijadine i glutenine. Albumini su proteini vrlo male molekulske mase za razliku od globulina koji su nešto veći. U endospermu zrna su zastupljeni glijadini i glutenini koji u brašno prelaze mljevenjem, velike su molekulske mase, imaju važan tehnološki značaj jer omogućuju nastanak glutena u kontaktu s vodom i zadržavanje plinova tijekom pečenja tijesta.

Glutenin omogućuje glutenu čvrstoću, građen je od razgranatih molekula koje su povezane disulfidnim vezama. Zbog svoje čvrstoće i elastičnosti nakon istezanja se vraća u početni položaj. Za razliku od glutenina, glijadin je građen od jednostavnih lanaca te ima manje disulfidnih veza, prilično je mekši i rastezljiviji, a vlaženjem postaje viskozozan i ljepljiv. Gluten nastaje u tijestu prilikom interakcije glijadina i glutetnina s vodom pri čemu oni formiraju kompaktnu masu s viskoelastičnim svojstvima. Budući da su glijadin i glutenin netopljivi u vodi gluten se može ispiranjem odvojiti iz tijesta. Zbog topljivosti albumina u vodi, a globulina u vodenoj otopini natrijevog klorida moguće je izdvojiti čisti gluten ispiranjem tijesta 2%-tnom otopinom natrijevog klorida. Iako je škrob netopiv u hladnoj vodi ipak se ispire iz tijesta s ostalim tvarima te ostaje vlažni gluten. Jakost brašna se određuje iz ovog svojstva kao i ispitivanje kvalitete i udjela glutena u brašnu, kvalitete brašna koja utječe na zadržavanje nastalih plinova tijekom procesa fermentacije (Žeželj, 2005.; Atwell, 2001.).

Mineralne tvari

U pšeničnom brašnu se nalazi određeni udio mineralnih tvari koje potječu iz različitih dijelova pšeničnog zrna nakon mljevenja. Integralna i crna brašna sadrže viši udio mineralnih tvari u odnosu na bijela brašna jer je najviši sadržaj mineralnih tvari u aleuronskom sloju i ovojnici. Količina mineralnih tvari tijekom analize brašna se izražava kao pepeo tj. ostatak nakon spaljivanja brašna u mufolnoj peći pri temperaturi od 900 °C do konstantne mase. Od mineralnih tvari u brašnu najzastupljeniji i najvažniji su fosfor, kalcij, magnezij i kalij (Atwell, 2001.; Žeželj, 2005.; Hoseney, 1986.).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK

Zadatak ovog diplomskog rada bio je ispitati fizikalno-kemijska svojstva zrna i brašna sorti ozime pšenice roda 2017. godine zasijanih na osječkom i zagrebačkom području te ih na osnovi dobivenih rezultata svrstati u kvalitetne grupe i utvrditi moguće razlike u ispitivanim svojstvima zrna i brašna s obzirom na lokaciju. U zrnu pšenice su određeni udjeli vode, mineralnih tvari, proteina, hektolitarska masa, masa 1000 zrna te sedimentacijska vrijednost dok su analizom brašna određeni udjeli mineralnih tvari, vlažnog i suhog glutena.

3.2. MATERIJALI

Istraživanje je provedeno na zrnu i brašnu 54 različitih sorti ozime pšenice roda 2017. godine uzgojenih na dvije lokacije (osječkom i zagrebačkom području).

3.3. METODE

3.3.1. Određivanje vlage pšeničnog zrna i brašna

Vlaga uzoraka određena je prema standardnoj metodi ISO 712. U metalnu posudicu prethodno izarenu i izvaganu odvaži se od 5 do 6 g uzorka i suši u sušioniku pri 130 °C. Sušenje se odvija tijekom 90 minuta, a vrijeme se mjeri od trenutka kada temperatura u sušioniku dostigne 130 °C nakon umetanja metalne posudice. Nakon sušenja posudice se stavljaju u eksikator i hlade do sobne temperature te se važu. Ispitivanje se provodi u dvije paralele, a razlika između paralela ne smije biti veća od $\pm 0,15\%$.

Izračunavanje:

Udjel vode izražava se u postocima mase uzoraka i računa prema **Formuli 1**:

$$udjel\ vode = \frac{(m_0 - m_1)}{m_0} \times 100\ \% \quad (1)$$

gdje je:

m_0 – masa uzorka prije sušenja u gramima

m_1 – masa uzoraka nakon sušenja u gramima

3.3.2. Određivanje apsolutne mase žita (mase 1000 zrna)

Apsolutna masa određena je prema standardnoj metodi ISO 520. Od prosječnog uzorka se izbroji (bez odabiranja) 500 cijelih zrna i izvaže, te rezultat pomnoži s 2 i preračuna na suhu tvar.

3.3.3. Određivanje nasipne gustoće (hektolitarske mase) žita

Hektolitarska masa određena je prema standardnoj metodi ISO 7971-2. Korištena je Schopperova vaga, volumena 1 l, s pripadajućim dijelovima i opremom. Masa zrna u kg se pomnoži sa 100 da bi se dobila hektolitarska masa (kg/hl). Hektolitarska masa se preračunava na vlagu od 14% prema **Formuli 2** (Karimi i sur., 2009.):

$$\text{HI masa}_{14\% \text{ vlage}} (\%) = -0,58 \times (14\text{-vlaga zrna} (\%)) + \text{HI masa(g)} \quad (2)$$

3.3.4. Određivanje udjela mineralnih tvari (pepela) u pšeničnom zrnu i brašnu

Udio mineralnih tvari određen je prema standardnoj metodi ISO 2171. Pšenično zrno je prethodno usitnjeno na laboratorijskom mlinu IKA MF 10 (IKA, Njemačka) s otvorima sita od 1 mm. Metoda se temelji na postupku spaljivanja uzorka u mufolnoj peći pri visokim temperaturama od 900 ± 20 °C te vaganja dobivenog ostatka.

Izračunavanje:

Udjel mineralnih tvari (pepela) se izražava u postocima mase prema suhoj tvari, a računa se preko **Formule 3**:

$$\text{udio pepela} = \frac{(m_1 - m_2) \times 100}{m_0} \times \frac{100}{100 - w} (\%, m/m) \quad (3)$$

gdje je:

m_0 – masa uzorka koji se ispituje u gramima

m_1 – masa posudice s ostatkom nakon žarenja u gramima

m_2 – masa prazne, izarene posudice u gramima

w – udio vode u uzorku izražen u%

3.3.5. Određivanje udjela proteina u pšeničnom zrnu

Udio proteina određen je prema standardnoj metodi ISO 20483 (Metoda po Kjeldahu). Metoda se temelji na određivanju udjela dušika i množenju s faktorom 5,7.

3.3.6. Određivanje sedimentacijske vrijednosti pšenice (po Zeleny-u)

Sedimentacijska vrijednost određena je metodom ISO 5529. Metoda se zasniva se na sposobnosti proteina glutena da bubre u prisutnosti mliječne kiseline. Sedimentacijska vrijednost ovisi o količini i kakvoći bjelančevina pšenice. Postoji korelacija između sedimentacijske vrijednosti i jačine glutena te volumena pekarskih proizvoda. Usitnjena pšenica se suspendira u otopini mliječne kiseline određeno vrijeme pri čemu dolazi do taloženja suspenzije te se očitava volumen taloga tj. sedimentacijska vrijednost u cm^3 .

3.3.7. Određivanje udjela vlažnog i suhog glutena u pšeničnom brašnu

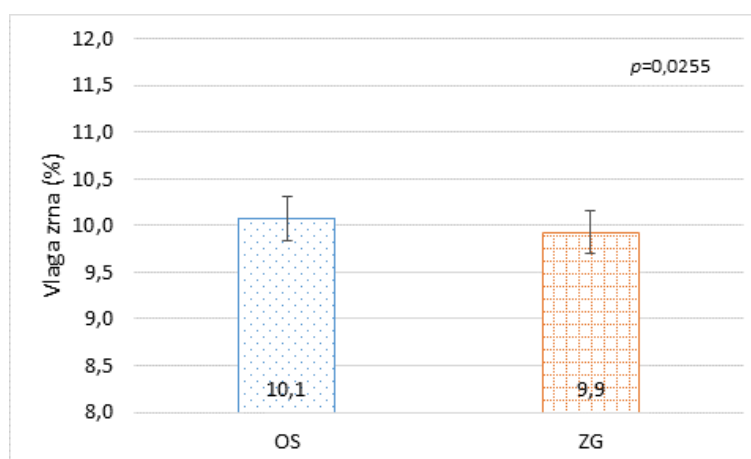
Udio vlažnog i suhog glutena određeni su prema standardnoj metodi ISO 21415-1. Za određivanje udjela glutena koristila se ručna metoda ispiranja. Odvaje se 10 g pšeničnog brašna u posudicu te se staklenim štapićem umijesi s potrebnom količinom vode ($5\text{--}6 \text{ cm}^3$) tako da tijesto ostane mekano, a da se ne lijepi. Tijesto se ispiri s 2%-tnom otopinom NaCl-a. Ispiranje glutena brašna provodi se u trajanju od 10 do 20 minuta te je potrebna 1 L vodene otopine NaCl-a. Nakon ispiranja iz glutena se suvišak vode istisne među dlanovima te se dodatno osuši pritiskom staklene ploče na staklenu ploču. Vaganjem se dobije masa vlažnog glutena. Nakon vaganja satno staklo s vlažnim glutenom suši se 90 minuta pri temperaturi od 150°C , nakon sušenja hladi se u eksikatoru, važe i računa postotak suhog glutena.

3.3.8. Statistička obrada rezultata

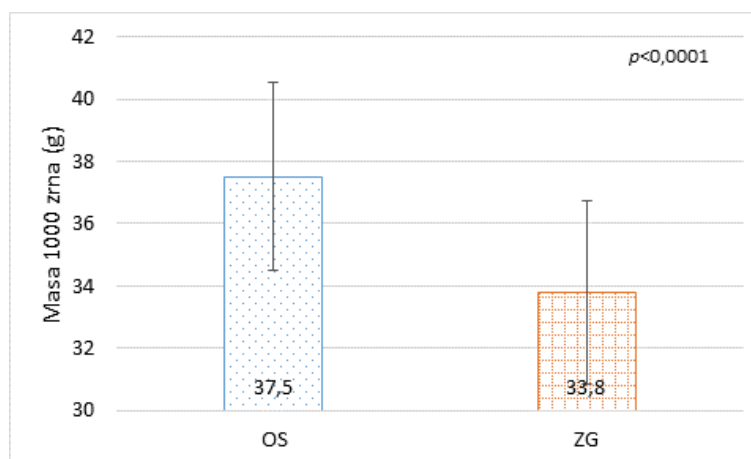
Dobiveni rezultati su prikazani kao srednja vrijednost \pm standardna devijacija. Analiza varijance (one-way ANOVA) provedena je upotrebom programa Microsoft Office Excel 2016.

4. REZULTATI

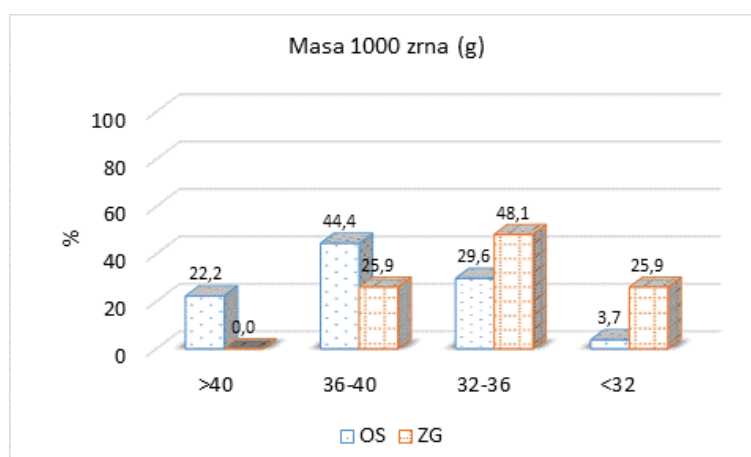
4.1. REZULTATI ISPITIVANJA PŠENIČNOG ZRNA



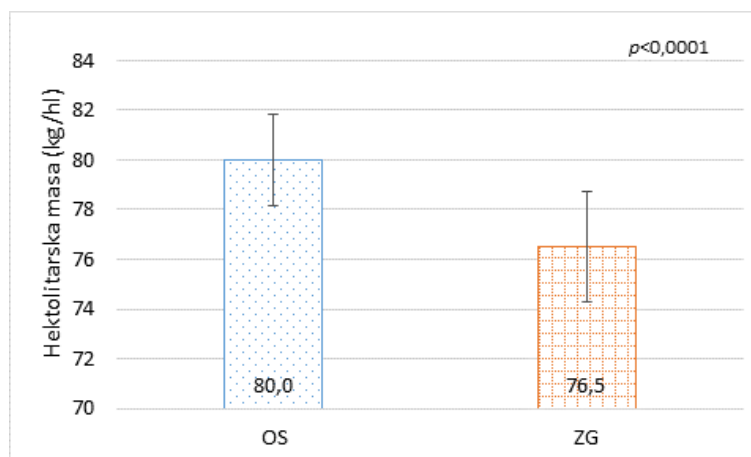
Slika 2 Vlaga pšeničnog zrna



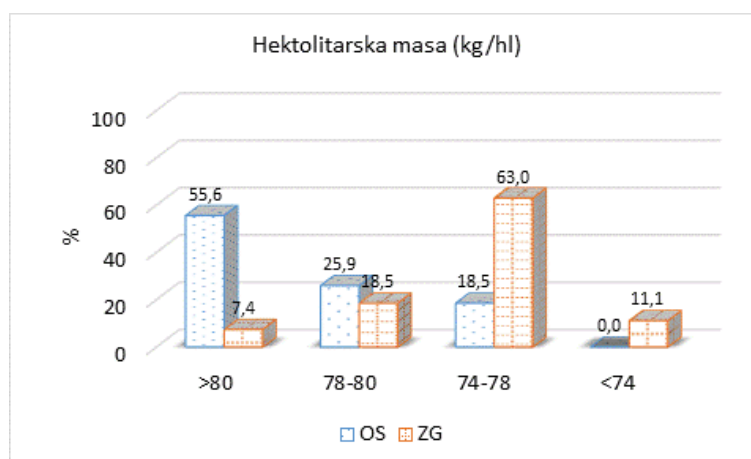
Slika 3 Apsolutna masa (masa 1000 zrna)



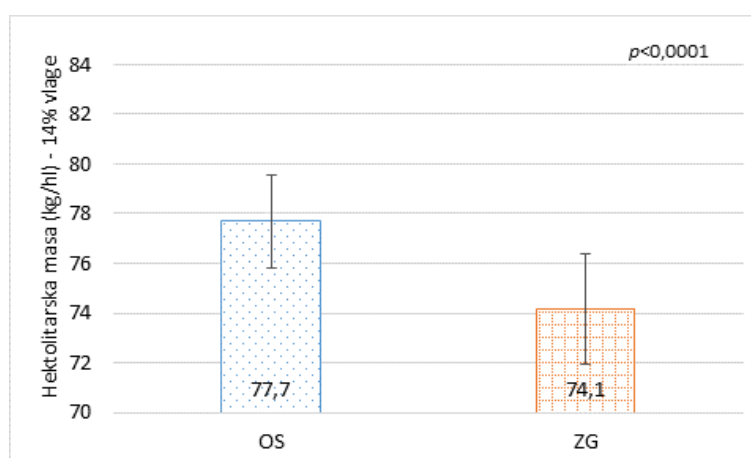
Slika 4 Distribucija apsolutne mase zrna



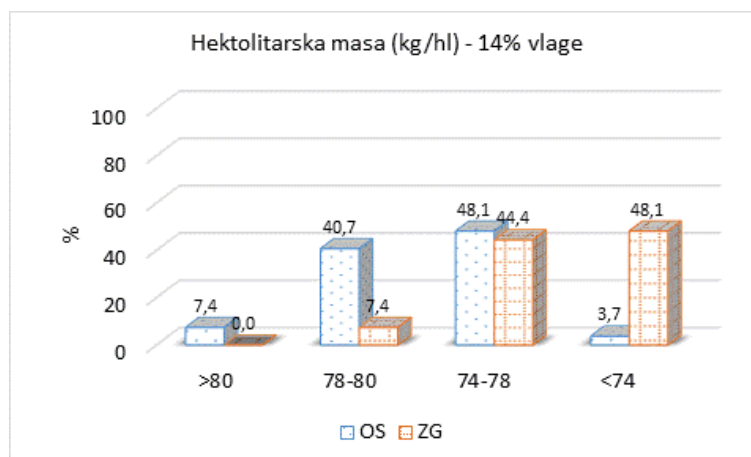
Slika 5 Hektolitarska masa



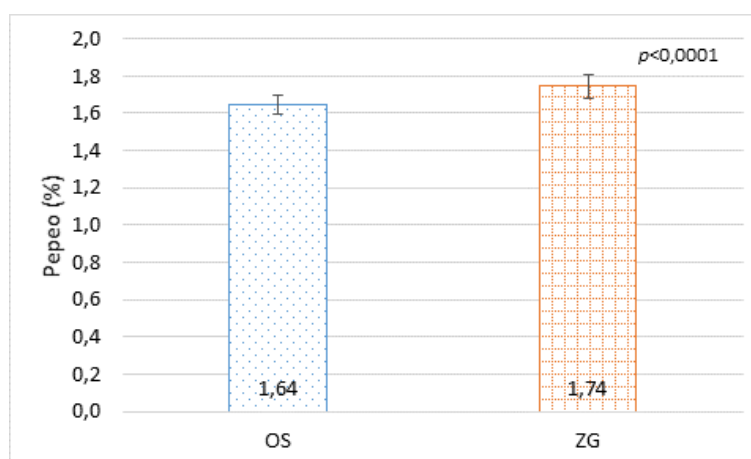
Slika 6 Distribucija hektolitarske mase



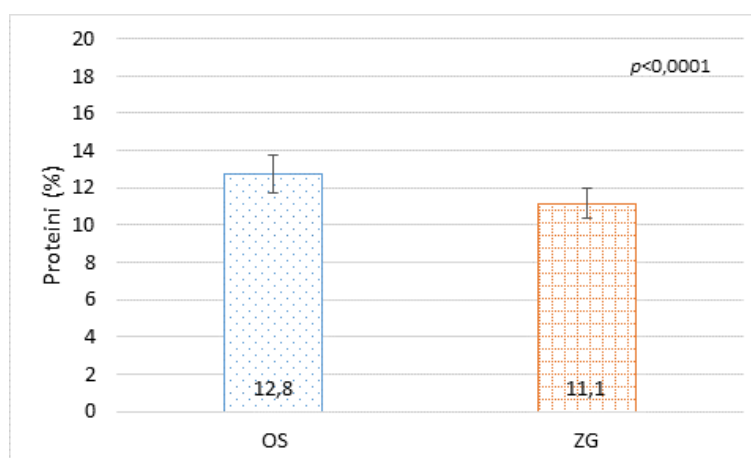
Slika 7 Korigirana hektolitarska masa na 14% vlage



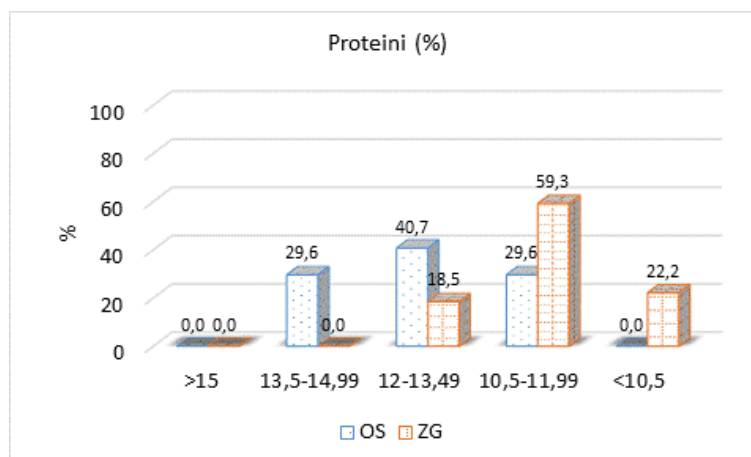
Slika 8 Distribucija korigirane hektolitarske mase



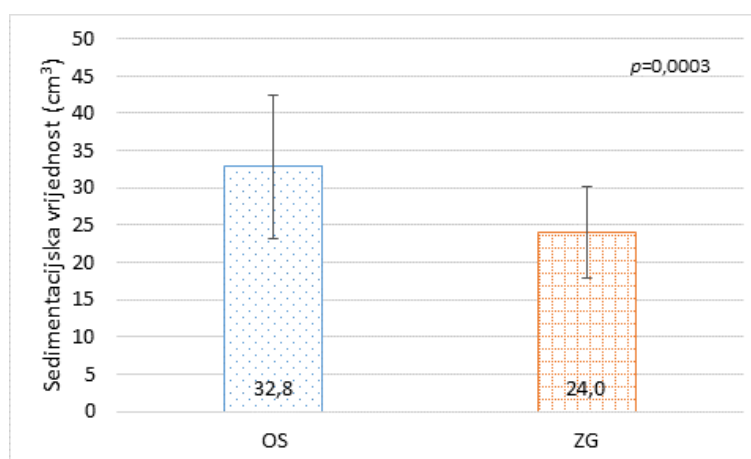
Slika 9 Udio mineralnih tvari (pepela) u pšeničnom zrnu



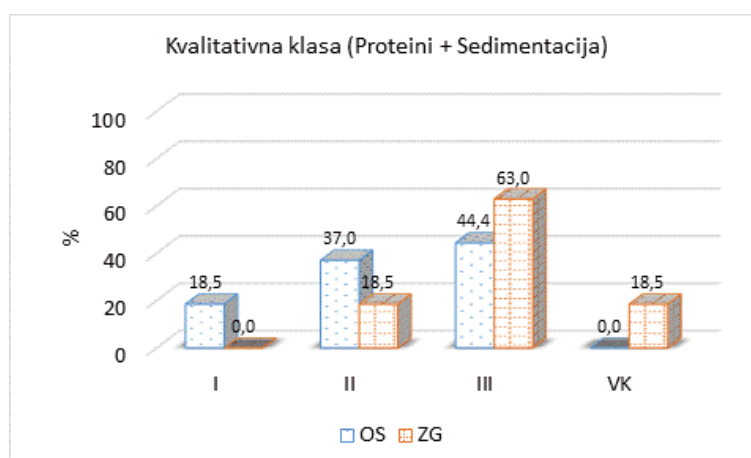
Slika 10 Udio proteina u pšeničnom zrnu



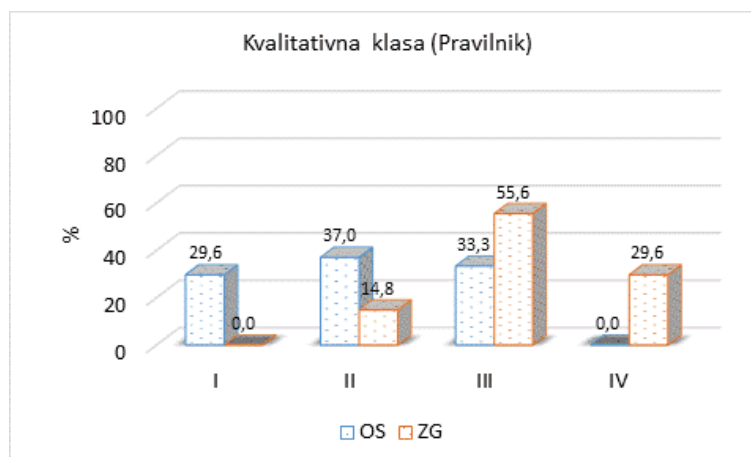
Slika 11 Distribucija proteina



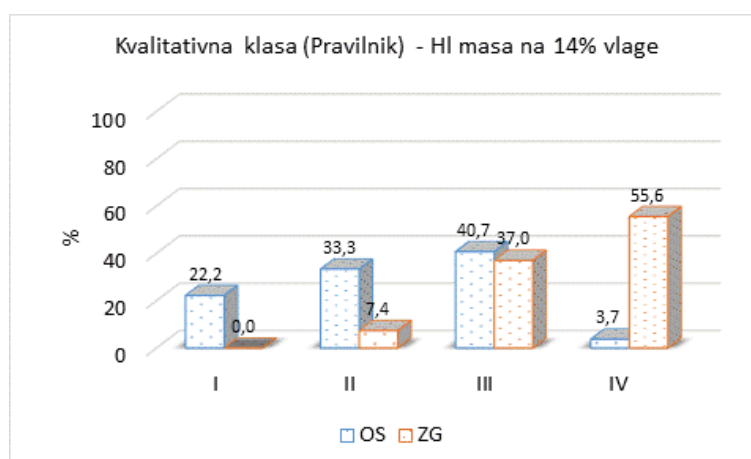
Slika 12 Sedimentacijska vrijednost po Zeleny-u



Slika 13 Klasifikacija pšenice prema udjelu proteina i sedimentacijskoj vrijednosti

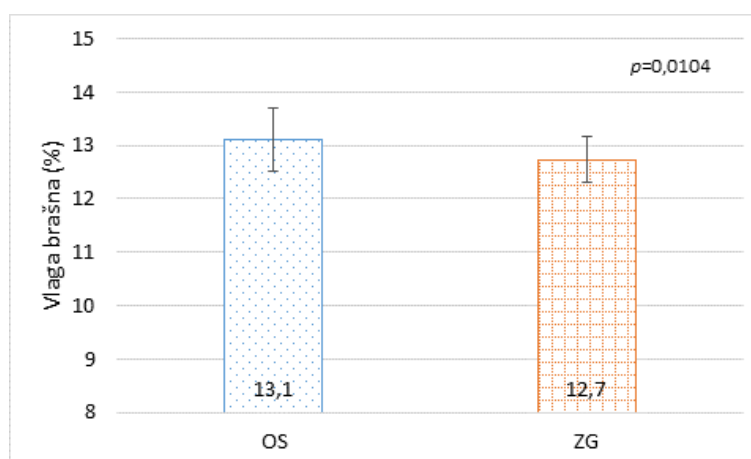


Slika 14 Klasifikacija pšenice prema Pravilniku (NN 46/2018)

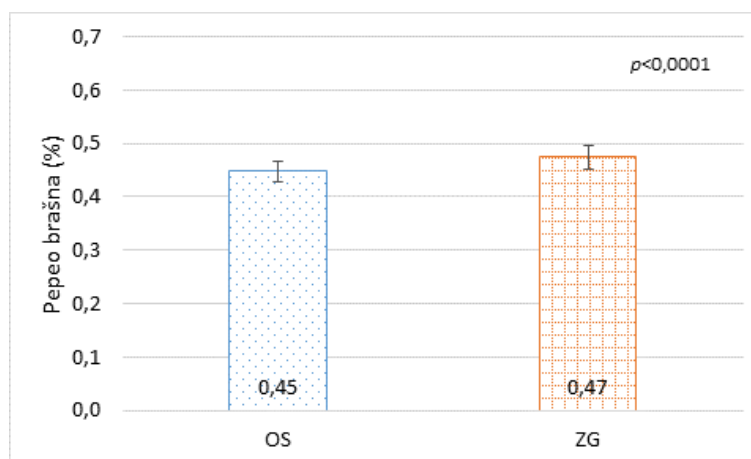


Slika 15 Klasifikacija pšenice prema Pravilniku (NN 46/2018) nakon korekcije hektolitarske mase

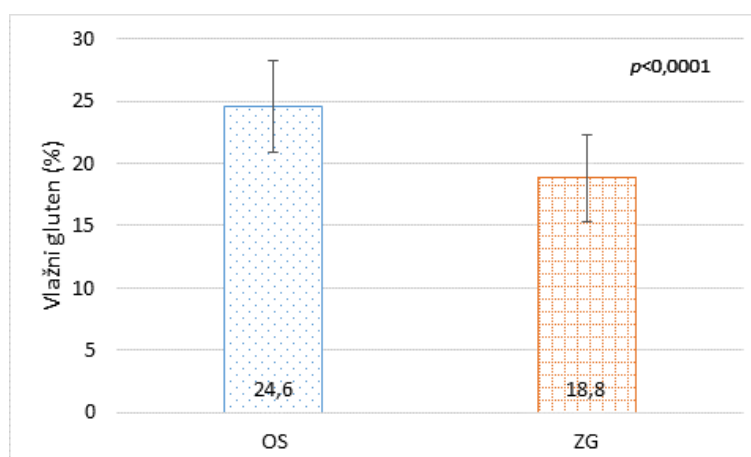
4.2. REZULTATI ISPITIVANJA PŠENIČNOG BRAŠNA



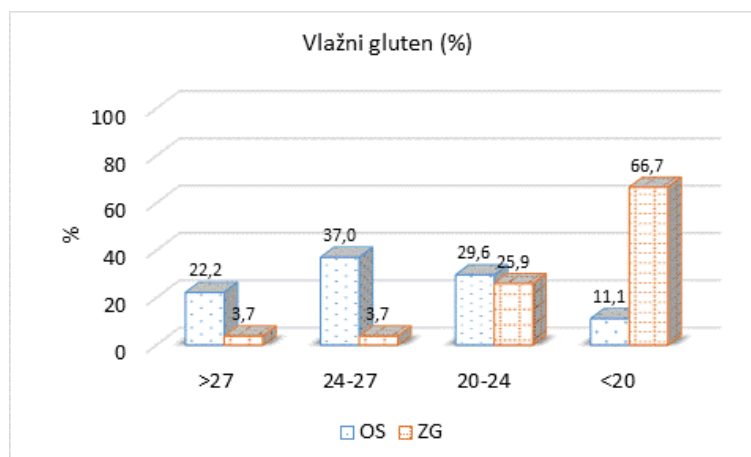
Slika 16 Vlaga pšeničnog brašna



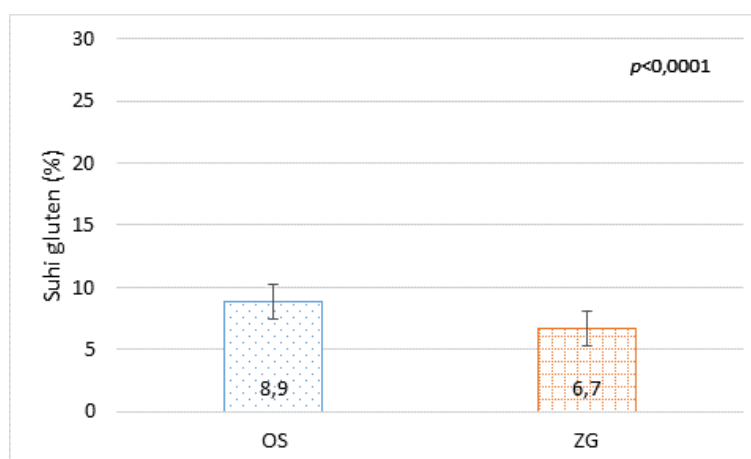
Slika 17 Udio mineralnih tvari (pepela) u pšeničnom brašnu



Slika 18 Udio vlažnog glutena



Slika 19 Distribucija vlažnog glutena



Slika 20 Udio suhog glutena

5. RASPRAVA

U ovom diplomskom radu prikazani su rezultati ispitivanja fizikalno-kemijskih svojstava zrna i brašna sorti ozime pšenice roda 2017. godine zasijanih na osječkom i zagrebačkom području. U zrnu pšenice su određeni udjeli vode, mineralnih tvari, proteina, hektolitarska masa, masa 1000 zrna te sedimentacijska vrijednost dok su analizom brašna određeni udjeli mineralnih tvari, vlažnog i suhog glutena.

Rezultati ispitivanja fizikalno-kemijskih svojstava zrna prikazani su na **Slikama 2-12**. Vlaga zrna sorti zasijanih na osječkoj lokaciji iznosila je u prosjeku $10,1 \pm 0,2\%$, a na zagrebačkoj $9,9 \pm 0,2\%$ (**Slika 2**). Razlike u udjelu vode između dvije lokacije bile su statistički značajne ($p=0,0255$). Razlike u apsolutnoj masi za sorte zasijane na dvije lokacije također su bile statistički značajne ($p<0,0001$). Masa 1000 zrna za sorte s osječke lokacije iznosila je u prosjeku $37,5 \pm 3,0$ g, a sa zagrebačke $33,8 \pm 2,9$ g (**Slika 3**). Apsolutnu masu veću od 40 g je imalo 22,2% sorti s osječkog i niti jedna sa zagrebačkog područja. Na lokaciji Osijek 44,4% sorti imalo je apsolutnu masu u rasponu 36-40 g, 29,6% masu od 32 do 36 g te samo 3,7% sorti masu manju od 32 g. Na lokaciji Zagreb 25,9% ih je imalo masu u rasponu 36-40 g, 48,1% u rasponu 32-36 g i 25,9% manju od 32 g. Vidljivo je da je masa 1000 zrna sorti uzgojenih na osječkom području u prosjeku značajno veća od sorti s lokacije Zagreb (**Slika 4**).

Prosječna hektolitarska masa sorti s osječke lokacije ($80,0 \pm 1,8$ kg/hl) bila je značajno veća ($p<0,0001$) od hektolitarske mase sorti sa zagrebačkog područja ($76,5 \pm 2,2$ kg/hl) (**Slika 5**). Na osječkoj lokaciji 55,6% sorti imalo je hektolitarsku masu veću od 80 kg/hl, za razliku od samo 7,4% sorti sa zagrebačke lokacije koje su većinom (63%) imale hektolitarsku masu od 74 - 78 kg/hl (**Slika 6**). Budući da hektolitarska masa uvelike ovi o vlazi zrna, poželjno je hektolitarsku masu korigirati na 14% vlage da bi se omogućila objektivnija usporedba različitih uzoraka pšenice. Sušenjem zrna hektolitarska masa se povećava jer suho zrno ima glatku i tvrdu površinu što smanjuje površinsko trenje i omogućava većem broju zrna da se smjesti u isti volumen. Nakon korekcije na 14% vlage sve hektolitarske mase su se smanjile zbog vrlo niske vlage zrna s obje ispitivane lokacije. Prosječna korigirana hektolitarska masa sorti s osječke lokacije iznosila je $77,7 \pm 1,8$ kg/hl i $74,1 \pm 2,2$ kg/hl sa zagrebačkog područja (**Slika 7**). Ovo smanjenje se očitovalo i u drugačijoj distribuciji hektolitarske mase prema klasama (**Slika 8**).

Udio mineralnih tvari u sortama na lokaciji Osijek u prosjeku je iznosio $1,64 \pm 0,05\%$, a za sorte na zagrebačkoj lokaciji prosjek je bio značajno veći i iznosio je $1,74 \pm 0,1\%$ (**Slika 9**). Ovo se može povezati s većom apsolutnom masom sorti s osječke lokacije što može biti rezultat većeg

udjela endosperma u zrnu u odnosu na omotač ovih sorti. Uslijed manjeg sadržaja pepela na osječkom području može se predvidjeti i bolji postotak izbrašnjavanja pri mljevenju ovih uzoraka.

Udio proteina na lokaciji Osijek iznosio je u prosjeku $12,8 \pm 1,0\%$, dok je na zagrebačkoj lokaciji bio značajno manji, $11,1 \pm 0,8\%$ (**Slika 10**). Bolja kvaliteta sorti s osječkog područja vidljiva je i u distribuciji sorti po količini proteina (**Slika 11**). Udio proteina veći od 15% nije imao niti jedan uzorak s obje lokacije. Štoviše, niti jedna sorta sa zagrebačkog područja nije imala udio proteina veći od 13,5%. Od 13,5-14,99% proteina imalo je 29,6% sorti s osječkog i niti jedna sa zagrebačkog područja. Na lokaciji Osijek 40,7% sorti imalo je udio proteina u rasponu 12-13,49%, 29,6% od 10,5-11,99% te niti jedna sorta manje od 10,5%. Na lokaciji Zagreb 18,5% uzoraka je imalo udio proteina u rasponu 12-13,49%, 59,3% od 10,5-11,99% te 22,2% manje od 10,5%.

Osim količine proteina vrlo je važna i njihova kvaliteta koja se može ocijeniti određivanjem sedimentacijske vrijednosti po Zeleny-u koja se zasniva na sposobnosti proteina glutena da bubre u prisutnosti mliječne kiseline. Sedimentacijska vrijednost na lokaciji Osijek iznosila je u prosjeku $32,8 \pm 9,7 \text{ cm}^3$ što je značajno veće od prosječne vrijednosti na lokaciji Zagreb ($24,0 \pm 6,2 \text{ cm}^3$) (**Slika 12**). Na osnovi klasifikacije pšenice prema udjelu proteina i sedimentacijskoj vrijednosti po Zeleny-u na osječkoj lokaciji 18,5% sorti svrstano je u prvu klasu, 37,0% u drugu te 44,4% u treću klasu. Na zagrebačkoj lokaciji niti jedna sorta nije svrstana u prvu klasu, 18,5% svrstano je u drugu klasu, 63,0% u treću, a 18,5% kategorizirano je kao sorte izvan klase (**Slika 13**).

Na **Slici 14** prikazana je distribucija uzoraka u kvalitativne klase prema Pravilniku o parametrima kvalitete i kvalitativnim klasama pšenice u otkupu pšenice roda 2018. godine, a s obzirom na udio proteina i hektolitarsku masu (Narodne novine br. 46, 2018.). U *Premium* klasu nije svrstan niti jedan uzorak s obje lokacije. Na osječkoj lokaciji 29,6% sorti svrstano je u prvu klasu, 37,0% u drugu te 33,3% u treću klasu. Niti jedan uzorak s ovog područja nije svrstan u četvrtu klasu. Na zagrebačkoj lokaciji niti jedna sorta nije svrstana u prvu klasu, 14,8% sorti svrstano je u drugu, 55,6% u treću, a 29,6% sorti u četvrtu kvalitativnu klasu.

Nakon korekcije hektolitarske mase na 14% vlage promijenila se i distribucija uzoraka u kvalitativne klase (**Slika 15**). Broj uzoraka u većim kvalitativnim klasama se značajno smanjio nakon korekcije. Na osječkoj lokaciji 22,2% sorti svrstano je u prvu klasu, 33,3% u drugu, 40,7%

u treću te 3,7% u četvrtu klasu. Na zagrebačkoj lokaciji 7,4% sorti svrstano je u drugu, 37,0% u treću, a 55,6% sorti u četvrtu klasu.

Rezultati ispitivanja fizikalno-kemijskih svojstava pšeničnog brašna prikazani su na **Slikama 16-20**. Vлага brašna sorti zasijanih na osječkoj lokaciji iznosila je u prosjeku $13,1 \pm 0,6\%$, a na zagrebačkoj $12,7 \pm 0,4\%$ (**Slika 16**). Prosječne vrijednosti udjela pepela na osječkoj lokaciji iznosile su $0,45 \pm 0,02\%$, a na zagrebačkom području $0,47 \pm 0,02\%$ (**Slika 17**).

Za sorte s osječke lokacije količina vlažnog glutena iznosila je u prosjeku $24,6 \pm 3,7\%$ dok je na zagrebačkoj lokaciji prosjek bio značajno manji ($18,8 \pm 3,5\%$) (**Slika 18**). Na osječkoj lokaciji 22,2% sorti imalo je vrlo dobru količinu vlažnog glutena ($>27\%$), 37,0% dobru (24-27%), 29,6% zadovoljavajuću te 11,1% malu količinu glutena ($<20\%$). Na zagrebačkoj lokaciji po 3,7% sorti je imalo vrlo dobru i dobru, 25,9% zadovoljavajuću, a 66,7% malu količinu glutena (**Slika 19**). Količina suhog glutena iznosila je u prosjeku $8,9 \pm 1,4\%$ na lokaciji Osijek, dok je prosjek na zagrebačkoj lokaciji bio značajno manji ($6,7 \pm 1,4\%$) (**Slika 20**).

6. ZAKLJUČCI

Na temelju rezultata ispitivanja fizikalno-kemijskih svojstava zrna i brašna 27 sorti ozime pšenice roda 2017. godine zasijanih na osječkom i zagrebačkom području može se zaključiti da su uzorci uzgojeni na osječkom području bolje kvalitete u odnosu na uzorke uzgojene na zagrebačkom području tijekom vegetacijske godine 2016./2017.

Uzorci s lokacije Osijek prosječno su imali veće vrijednosti za vlagu, apsolutnu i hektolitarsku masu, udio proteina, vlažnog i suhog glutena te veću sedimentacijsku vrijednost. Udio mineralnih tvari u zrnu i brašnu bio je nešto manji u odnosu na sorte sa zagrebačkog područja.

Obzirom na identično provedene agrotehničke mjere na obje lokacije, može se zaključiti da su uzrok bolje kvalitete uzoraka pšenice s osječkog područja bolji klimatski uvjeti primjereni uzgoju pšenice.

6. LITERATURA

Atwell, W. A.: Wheat Flour. AACC International, Inc., USA, 2001.

Hoseney, R. C.: Principles of cereal science and technology second edition, The American

ISO 20483: Cereals and pulses - Determination of the nitrogen content and calculation of the crude protein content – Kjeldahl method. International Organization for Standardization Geneva, Switzerland, 2006.

ISO 21415-1: Wheat and wheat flour – Gluten content. Part 1: Determination of wet gluten by a manual method. International Organization for Standardization Geneva, Switzerland, 2006.

ISO 2171-2: Cereals, pulses and by-products -Determination of ash yield by incineration. . International Organization for Standardization Geneva, Switzerland, 2007.

ISO 512: Cereals and cereals products - Determination of the mass of 1000 grains. International Organization for Standardization Geneva, Switzerland, 1977.

ISO 5529: Wheat - Determination of the sedimentation index - Zeleny test. International Organization for Standardization Geneva, Switzerland, 2007.

ISO 712: Cereals and cereals products - Determination of moisture content – Routine reference method. International Organization for Standardization Geneva, Switzerland, 2001.

ISO 7971-2: Cereals - Determination of bulk density, called mass per hectolitre. International Organization for Standardization Geneva, Switzerland, 2009.

Karimi, M., Kheiralipour, K., Tabatabaeefar, A., Khoubakht, G.M., Naderi, M., Heidarbeigi, K.: The Effect of Moisture Content on Physical Properties of Wheat. Pakistan Journal of Nutrition, 8: 90-95, 2009.

Kovačević, V., Rastija, M.: Osnove proizvodnje žitarica - interna skripta, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek, 2009.

Ministarstvo poljoprivrede: Pravilnik o parametrima kvalitete i kvalitativnim klasama pšenice u otkupu pšenice roda 2018. godine. Narodne novine 46/2018, 2018.

Žeželj, M.: Tehnologija žita i brašna. NIP Glas javnosti doo, Beograd, 2005.